不利農業經營之農地發展太陽能光電廠對環境影響初探

農試所農化組 蔡耀賢 洪百陞 向為民

一、前言

隨著科技的進步經濟和社會發展全，世界對於能源的需求持續增加，目前全球能源約有八成依賴石化資源，而過度的開發石化資源會伴隨著溫室氣體的增加，讓地球暖化現象，越趨嚴重造成海平面上升、氣候變遷，生態系功能喪失與資源減少，直接影響到人類的永續發展，為了確保生態資源永續發展，再生能源的發展勢在必行。太陽能發電被視為最有潛力的再生能源之一，其發電原理係利用特殊半導體(Si)或多元化合物材料，製造太陽電池，經由太陽光照射後把光能轉換為電能儲存利用，隨太陽能發電技術的迅速發展，也衍生出許多疑慮，目前尚未完全了解太陽能發電系統生命週期(從安裝、運作、保養到除役)對環境之影響。許多研究指出光電廠的設置，可能會破壞在地景觀、改變地表微氣候影響植物、土壤微生物及生物多樣性等對環境造成衝擊及負面影響，目前政府公告得申請地面型太陽光電設置的不利農業經營農地範圍，包括嚴重地層下陷區域內長期淹水或耕地土壤鹽分含量偏高之農地，基於農地農用的原則，其土壤生態與土壤品質仍須維護。為了因應光電廠可能造成的負面影響，應針對環境特性建立一套降低光電廠對環境影響之管理方式，並將其導向具有生態服務功能及兼具多重功能之場域。

作　　者：蔡耀賢助理研究員
連絡電話：04-23317477

二、光電廠改變微氣候，影響生物相對環境

光電廠的設置會影響反射率導致遮陰、攔截雨水、大氣沉降、風速、濕度、及生物性氣體(CO_2、CH_4及N_2O等)之濃度改變等，而在這些現象共同作用下，會導致地表微氣候改變顯著影響植物-土壤碳循環、土壤碳儲存及溫室氣體的排放等。在植物-土壤碳循環方面，溫度、土壤濕度及日照輻射的改變，有著直接的影響，光電能板會攔截高比例的漫輻射(diffuse radiation)及直接輻射等(圖一)，可能會減少光合作用有效輻射導致光合作用、生物質及生態系淨交換(net ecosystem exchange)的降低，而降低反射短波反射率及攔截入射短波，可能會提高溫度，而溫度的增加會加速土壤碳循環及溫室氣體的排放。光電能板亦會改變降雨分布，攔截雨水使太陽能板的正下方降雨量減少，而使雨水集中於面板周圍，如

此改變了蒸發散及局部降雨分布將會導致土壤濕度的改變，影響初級生產力及有機質分解速率等。光電廠的設置影響了地表微氣候造成植物相的改變，植物相的改變可能會改變生態系的運作，如不同型態的植物具有不同的反射率及蒸散率，亦會影響土壤的微生物相，微生物為影響陸地碳循環的關鍵因子之一，藉由呼吸作用及甲烷生成，來控制CO_2及CH_4等氣體的吸收及釋放，不同的溫室氣體的吸收及釋放與微生物的組成有關，改變微氣候在短期內會直接影響碳循環中，植物對於碳的輸入，長期則會影響植物-土壤微生物的組成及活動共同影響陸地碳循環，許多研究指出植物功能型(plant functional type)將會影響碳循環、溫室氣體釋放及最後碳的固定，對碳循環而言，植物功能型其重要性已被證實高於微氣候的影響，因此可考量光電廠設置，應合理搭配植被及不同的管理方法，來調控陸地碳循環，進而減輕光電廠對環境造成的衝擊，在長久的管理下甚至能對環境有利。

三、光電廠管理應注意事項

建置光電廠一般需要花6-15週的時間，在施工期間必須要考慮受保護物種的敏感時期如鳥類繁殖季節，以及應避免施工行為對野生生物，產生負面衝擊如大量挖掘覆蓋，尤其是雨季需將車輛機械移動，降至最低以減少對土壤的壓實，而設置的地點應避免生態敏感的位置，避免設置在野生動物值(wildlife value)高的區域，研究指出在蝙蝠棲地附近設置太陽能板，對於蝙蝠覓食區會造成負面影響，有時蝙蝠為了喝光電板上的水而發生碰撞等不良的影響，而設置於野生動物值(wildlife value)低的區域如草原，配合適當的管理計畫，可避免不良的影響甚至對環境有利，在規劃管理計畫應考量地點因地制宜，光電廠設置後應優先考量植被復育，良好的植被覆蓋可以回復地力、減輕土壤機械壓實及增加土壤碳含量，就如同在農地上建立多年草地僅少量或不進行農業活動可顯著減少碳的釋放，因此光電廠除了內部通道，維護車輛道路和維護設施所需的區域外，其餘區域植被的覆蓋率被要求應達到70%以上(澳洲馬尼爾德拉)。國內的調查發現，部分光電廠缺乏適當的植被管理，常見的管理方式是將地面上的草連根打起移除植被，或由於遮陰嚴重使光電板下植生覆蓋不足(圖二)，為使光電板下可保持終年常綠，或可混播耐陰溫帶型及熱帶型草種，復育作業可在雨季水分充足環境下進行，若有降雨不足的狀況應視植被生長狀況適時供水，在

圖一、光電廠的設置造成嚴重遮陰且會局部降雨分布改變。

修剪方面宜降低強度及頻率，以保持植被的活力及覆蓋率。

四、營造非自然生態保留區

農業的集約化管理為導致生物多樣性降低的主要原因之一，最近許多研究指出在農地上適當的進行農業經營管理可顯著提升生物多樣性，本研究於屏東非營農型光電案廠進行為期一年覆蓋管理試驗，調查結果顯示在二個禮拜進行一次割草管理下，植生的覆蓋率僅30%，出現的雜草種類僅14種，若將其放寬至1月不進行割草，其植生的覆蓋率可達65%，出現的雜草的種類增加為22種(表一)，這顯示光電廠在設置完成後，就應減少或降低機械及人為的擾動，在適當的管理下更具有提升生物多樣性的潛力。光電廠的邊界特性(Boundary features)包含緩衝帶及柵欄等可能會對有環境造成影響，可藉由適當管理，來美化景觀及創造不同的棲息地，來增加生物多樣性，如光電廠四周可栽植灌木圍籬可容納野生生物，包含植物、無脊椎動物、鳥類、爬蟲類及哺乳類等，緩衝帶可混植多年生草種及野花可為棲地提供花粉及蜜源，四周的柵欄可供攀藤植物如金銀花攀附亦可作為良好的蜜源，柵欄的間距空隙可調整允許野生動物通過。每一地區的環境、位置、生物多樣性及土地利用方式都是獨一無二的，因此每個光電場都需要一套增加生物多樣性管理計畫，包含安裝、運作、保養到退役的整個過程，都應列入考量，首先必須要了解該地區影響生物多樣性關鍵因素，包含法律保護的物種及棲地內高度保留價值的物種等，了解在該地區設廠可能帶來潛在的衝擊及可能的解決方法，藉由改善棲地之間的連結性如建構生態廊道來改善地區的生態網，在進行植被復育的應視地區選定適合的植物及種子來源，期望將光電廠營造成非自然生態保留區(圖三)。

表一、屏東非營農型光電案植生覆蓋率及雜草種類調查。(2017年至2018年)

處理	植生覆蓋率(%)	雜草種類(種)
一個月未割草	65%	22
二個禮拜割草一次	30%	14

圖二、光電廠割草管理(上)、割草後造成覆蓋不足土壤裸露(下)。

五、發展土地之多重利用型式

大多數的光電板安裝於金屬邊框並以支架支撐，其基礎設施佔不到土地面

積的5%，25-40%土地面積則是被面板佔據，因此對土地有較小的干擾，而每一光電廠的壽命約為20年具有足夠的時間採取適當的管理，因此光電廠具有足夠的空間及時間，可讓植物生長除了具有生態服務功能外，在地層下陷長期淹水狀況趨緩後，可考慮其他低強度的農業行為。光電廠可搭配放牧等農業行為，其面板的排列行距，應考量可容納農業機械操作，以利於割草、除草及收集牧草等活動，利用光電板下方及間隙放牧之家畜亦需挑選合適的家禽或家畜，而許多研究指出，並非所有家畜都合適於光電板下活動，大型的家畜如馬及牛等因體型過大並不合適，豬及山羊則會破壞電纜，而目前已證實放牧家禽及綿羊，可成功地應用在光電板下，並可藉由放牧的方式控制雜草的高度，此種低強度的放牧，可為光電廠提供經濟效益，以增加價值及維持生物多樣性，另外光電廠亦可搭配收割牧草、青貯料、帶狀種植高價值蔬菜或非糧食作物如薰衣草及其他產業如養蜂等，這些案例都成功提升土地價值，展現土地的多重利用型式。

圖三、在光電廠周圍種植綠籬能提供生物棲息地將其營造為非自然生態保留區。

六、結語

太陽能發電技術的發展提供乾淨的能源，減少了人類對石油、煤與天然氣等化石能源的依賴，然而也帶來許多對環境的疑慮，如對於改變微氣候影響植物與土壤微生物的交互作用進而影響初級生產力、有機質分解速率、溶解性有機碳的濃度、CO_2及CH_4吸收及釋放等，另外也可能影響野生生物的活動，因此設置太陽能發電廠前，須要有嚴謹的評估制度，避免設置於環境敏感區，在藉由有計畫的管理，合理且有層次的搭配各種資材及措施下，才能化危機為轉機，將太陽廠營造成具生態服務功能且可發展土地多重利用形式的場址。

七、參考文獻

A. Armstrong, Waldron, S., Whitaker, J. & Ostle, N. J. 2014.Wind farm and solar park effects on plant-soil carbon cycling: Uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. Glob. Change Biol. 1699–1706.

A. Armstrong, Nicholas J. O. Jeanette w.2016.Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cyclingEnviron. Res. Lett. 074016

D. Turney and V. Fthenakis. 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. Renewable and Sustainable Energy. 3261-3270.